ICS 13.040.20

VDI-RICHTLINIEN

Juni 2002
June 2002

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung
Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen

Minimum requirements for suitability tests of automated ambient air quality measuring systems
Point-related measurement methods of gaseous and particulate pollutants

VDI 4202

Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung . . . 2
Einleitung . . . 3
1 Anwendungsbereich . . . 4
2 Begriffe und Definitionen . . . 4
3 Symbole und Abkürzungen . . . 10
4 Bauartanforderungen . . . 11
4.1 Allgemeine Anforderungen . . . 11
4.2 Anforderungen an Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz . . . 12
5 Leistungsanforderungen . . . 12
5.1 Allgemeines . . . 12
5.2 Allgemeine Anforderungen an Messeinrichtungen . . . 13
5.3 Anforderungen an Messeinrichtungen für partikelförmige Luftverunreinigungen . . . 15
5.4 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen . . . 16
6 Prüfung . . . 17
6.1 Durchführung der Prüfung . . . 17
6.2 Prüfinstitute . . . 17
6.3 Prüfplan . . . 17
7 Bekanntgabe eignungsgeprüfter Messeinrichtungen . . . 17
Anhang A Immissionsgrenzwerte und Bezugswerte . . . 18
Anhang B Anforderungen an die Datenqualität . . . 20
Anhang C Beispiele zur Abschätzung der erweiterten Messunsicherheit bei der Eignungsprüfung . . . 22
Schrifttum . . . 31

Contents Page

Preliminary note . . . 2
Introduction . . . 3
1 Scope . . . 4
2 Terms and definitions . . . 4
3 Symbols and abbreviations . . . 10
4 Requirements on the instrument design . . . 11
4.1 General requirements . . . 11
4.2 Requirements on measuring systems for mobile application . . . 12
5 Performance requirements . . . 12
5.1 General . . . 12
5.2 General requirements on measuring systems . . . 13
5.3 Requirements on measuring systems for particulate air pollutants . . . 15
5.4 Requirements on multiple-component measuring systems . . . 16
6 Testing . . . 17
6.1 Performing the test . . . 17
6.2 Test institutes . . . 17
6.3 Test design . . . 17
7 Declaration of suitability-tested measuring systems . . . 17
Annex A Ambient air quality limit values and reference values . . . 19
Annex B Data quality objectives . . . 21
Annex C Examples of estimation of the expanded uncertainty in suitability tests . . . 22
Bibliography . . . 31

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Arbeitsgruppe Mindestanforderungen (Immission)
Ausschuss Messtechnische Sonderfragen

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5

Frühere Ausgabe: 12.00 Entwurf, deutsch
Former edition: 12/00 draft, in German only

Zu beziehen durch / Available from Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Vorbemerkung

In der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL – erarbeiten Fachleute aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung in freiwilliger Selbstverantwortung VDI-Richtlinien und DIN-Normen zum Umweltschutz. Diese beschreiben den Stand der Technik bzw. den Stand der Wissenschaft in der Bundesrepublik Deutschland und dienen als Entscheidungshilfen bei der Erarbeitung und Anwendung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften. Die Arbeitsergebnisse der KRdL fließen ferner als gemeinsamer deutscher Standpunkt in die europäische technische Regelsetzung bei CEN (Europäisches Komitee für Normung) und in die internationale technische Regelsetzung bei ISO (Internationale Organisation für Normung) ein.

Folgende Themenschwerpunkte werden in vier Fachbereichen behandelt:

Fachbereich I
„Umweltschutztechnik“

Produktionsintegrierter Umweltschutz; Verfahren und Einrichtungen zur Emissionsminderung; ganzheitliche Betrachtung von Emissionsminderungsmaßnahmen unter Berücksichtigung von Luft, Wasser und Boden; Emissionswerte für Stäube und Gase; anlagenbezogene messtechnische Anleitungen; Umweltschutzkostenrechnung

Fachbereich II „Umweltmeteorologie“

Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; störfallbedingte Freisetzungen; mikro- und mesoskalige Windfeldmodelle; Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Oberflächen; meteorologische Messungen; angewandte Klimatologie; Lufthygienekarten; human-biometeorologische Bewertung von Klima und Lufthygiene; Übertragung meteorologischer Daten

Fachbereich III „Umweltqualität“

Wirkung von Luftverunreinigungen auf Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Werkstoffe und Atmosphäre; wirkungsbezogene Mess- und Erhebungsverfahren; Erfassung und Wirkung mikrobieller Luftverunreinigungen; Olfaktometrie; Umweltsimulation

Fachbereich IV
„Umweltmesstechnik“

Emissions- und Immissionsmesstechnik für anorganische und organische Gase sowie für Partikel; optische Fernmessverfahren; Messen von Innenraumluftverunreinigungen; Messen von Bodenluftverunreinigungen; Verfahren zur Herstellung von Referenzmaterialien; Prüfpläne für Messgeräte; Validierungsverfahren; Messplanung;

Preliminary note

In the Commission on Air Pollution Prevention of VDI and DIN – Standards Committee KRdL – experts from science, industry and administration, acting on their own responsibility, establish VDI guidelines and DIN standards in the field of environmental protection. These describe the state of the art in science and technology in the Federal Republic of Germany and serve as a decision-making aid in the preparatory stages of legislation and application of legal regulations and ordinances. KRdL's working results are also considered as the common German point of view in the establishment of technical rules on the European level by CEN (European Committee for Standardization) and on the international level by ISO (International Organization for Standardization).

The following topics are dealt with in four subdivisions:

Subdivision I
”Environmental Protection Techniques“

Integrated pollution prevention and control for installations; procedures and installations for emission control; overall consideration of measures for emission control with consideration given to the air, water and soil; emission limits for dusts and gases; plant-related measurement instructions; environmental industrial cost accounting

Subdivision II ”Environmental Meteorology“

Dispersion of pollutants in the atmosphere; emissions from accidental releases; micro- and mesoscale wind field models; interaction between the atmosphere and surfaces; meteorological measurements; applied climatology; air pollution maps; human-biometeorological evaluation of climate and air hygiene; transfer of meteorological data

Subdivision III ”Environmental Quality“

Effects of air pollutants on man, farm animals, vegetation, soil, materials, and the atmosphere; methods for the measurement and evaluation of effects; determination of microbial air pollutants and their effects; olfactometry; environmental simulation

Subdivision IV
”Environmental Measurement Techniques“

Techniques for emission and ambient air measurements of inorganic and organic gases as well as particulate matter; optical open-path measurement methods; measurement of indoor air pollutants, measurement of soil air pollutants; procedures for establishing reference material; test procedures for measurement devices; validation procedures;

Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Auswerteverfahren; Qualitätssicherung

Die Richtlinien und Normen werden zunächst als Entwurf veröffentlicht. Durch Ankündigung im Bundesanzeiger und in der Fachpresse erhalten alle interessierten Kreise die Möglichkeit, sich an einem öffentlichen Einspruchsverfahren zu beteiligen. Durch dieses Verfahren wird sichergestellt, dass unterschiedliche Meinungen vor Veröffentlichung der endgültigen Fassung berücksichtigt werden können.

Die Richtlinien und Normen sind in sechs Bänden des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft zusammengefasst.

measurement planning; evaluation methods; quality assurance

The guidelines and standards are first published as drafts. These are announced in the Bundesanzeiger (Federal Gazette) and in professional publications in order to give all interested parties the opportunity to participate in an official objection procedure. This procedure ensures that differing opinions can be considered before the final version is published.

The guidelines and standards are published in the six-volume VDI/DIN Reinhaltung der Luft (Air Pollution Prevention) manual.

Einleitung

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [G1] ist das maßgebende Gesetz zur Luftreinhaltung in der Bundesrepublik Deutschland. Die Überwachung und Beurteilung der Luftqualität wird in nachgeordneten Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften [G2 bis G5] konkretisiert.

Die Richtlinien des Rates der Europäischen Union zur Luftqualität setzen neue und strengere Maßstäbe für die Überwachung und Beurteilung der Luftqualität. Die EU-Rahmenrichtlinie zur Luftqualität [G10] erweitert die Liste der zu berücksichtigenden Luftschadstoffe. Ergänzend zu den Stoffen (Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Schwebestaub, Blei, Ozon), für die bereits Richtlinien bestehen [G6 bis G9], werden folgende Luftschadstoffe einbezogen: Feinpartikel (insbesondere PM_{10}), Benzol, Kohlenmonoxid, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Kadmium, Arsen, Nickel und Quecksilber.

Die EU-Tochterrichtlinien zur Luftqualität [G11 bis G13] setzen zum Teil deutlich strengere Immissionsgrenzwerte fest, so dass die Anforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen steigen. So werden beispielsweise erstmals Anforderungen an die Datenqualität gestellt, die eine bestimmte Genauigkeit der messtechnisch ermittelten Kenngrößen im Bereich der Immissionsgrenzwerte fordern.

Deshalb war es notwendig, die bisher geltenden Mindestanforderungen [G14] zu überarbeiten und zu ergänzen. Dies ist auch für den Einsatz neuerer Messprinzipien, wie beispielsweise der optischen Fernmessverfahren [1] erforderlich, die das Potenzial der klassischen punktbezogenen Messeinrichtungen ergänzen.

Die Mindestanforderungen sind die Grundlage und der Maßstab für Eignungsprüfungen. In der Eig-

Introduction

The German Federal Immission Control Act (BImSchG) [G1] is the authoritative law on air pollution control in the Federal Republic of Germany. The air quality control and assessment is specified in the Ordinances and General Administrative Provisions underlying the German Federal Immission Control Act [G2 to G5].

The directives of the European Union on air quality set new and more stringent measures on air quality control and assessment. The European Frame Directive on air quality [G10] extends the list of air pollutants to be considered. In addition to the pollutants (sulphur dioxide, nitrogen dioxide, suspended matter, lead, ozone) already covered by existing directives [G6 to G9], the following air pollutants are included: particulate matter (especially PM_{10}), benzene, carbon monoxide, polycyclic aromatic hydrocarbons, cadmium, arsenic, nickel and mercury.

The EU Daughter Directives on air quality [G11 to G13] set in some cases more stringent ambient air quality limit values, which lead to increased requirements on automated ambient air quality measuring systems. The directives set for example for the first time requirements on the data quality, which require a specific accuracy of the characteristics determined by the measurements in the range of the ambient air quality limit values.

Thus it was necessary to revise and amend the minimum requirements valid up to now [G14]. This was also necessary for the application of new measurement methods such as optical remote sensing [1], which supplement the potential of classical point-related measuring systems.

The minimum requirements are the basis and the standard for the performance testing (suitability

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

nungsprüfung wird festgestellt, ob eine Messeinrichtung für eine bestimmte Messaufgabe geeignet ist. Die in einem Labor- und Feldtest ermittelten Verfahrenskenngrößen [2] werden mit Hilfe der Mindestanforderungen beurteilt.

Das bewährte Instrument von Mindestanforderungen und Eignungsprüfungen ist ein wesentliches Element einer umfassenden Qualitätssicherung, die weitere Bausteine umfasst. Dazu zählen beispielsweise:

- aufgabenorientierte Messplanung
- regelmäßige Kalibrierung und Funktionskontrolle
- regelmäßige Wartung
- Betreuung durch qualifiziertes Personal
- Nachweis der Leistungsfähigkeit in Ringversuchen und Vergleichsmessungen
- einheitliche Auswertung und Darstellung der Messergebnisse

Diese Bausteine sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Sie werden zum Teil in anderen Richtlinien und Normen behandelt [T10, T13, T14].

tests). In a suitability test a measuring system is checked in order to determine whether it is suitable with respect to a specific measurement task. The performance characteristics [2] determined in laboratory and field tests are assessed by means of the minimum requirements.

The proven system of minimum requirements and suitability tests is an essential part of an extensive quality control, which also includes other elements such as:

- measurement planning with respect to the measurement task
- regular calibration and functional check
- regular maintenance
- checking by qualified staff
- proof of performance in round robin tests and comparison measurements
- standardized evaluation and presentation of measured results

These elements are not part of this guideline. Some of them are described in other guidelines and standards [T10, T13, T14].

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 legt Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen fest. Diese Mindestanforderungen gelten für die Eignungsprüfung von punktförmig messenden Ein- und Mehrkomponentenmesseinrichtungen, die für Messaufgaben eingesetzt werden, die in nationalen [G1 bis G5] und europäischen Vorschriften [G10 bis G13] definiert werden. Die entsprechenden Messaufgaben sehen die stationäre und mobile Überwachung gas- und partikelförmiger Luftschadstoffe vor.

Die Mindestanforderungen für die Eignungsprüfung optischer Fernmesseinrichtungen werden in der Richtlinie VDI 4202 Blatt 2 festgelegt.

1 Scope

Guideline VDI 4202 Part 1 specifies minimum requirements on automated ambient air quality measuring systems. These minimum requirements apply to suitability tests of point-related single and multiple-component measuring systems, which are intended for measurement tasks specified in national [G1 to G5] and European [G10 to G13] regulations. The corresponding measurement tasks include stationary as well as mobile control of gaseous and particulate air pollutants.

The minimum requirements to be used in suitability tests of optical remote control systems are laid down in guideline VDI 4202 Part 2.

2 Begriffe und Definitionen

2.1 Analysenfunktion

Umkehrfunktion der Kalibrierfunktion [T7]

Anmerkung: Die Analysenfunktion ordnet einem Wert der Messgröße einen Erwartungs- bzw. Prognosewert der gesuchten Zustandsgröße zu.

2.2 Arbeitsbereich

Ein durch konstruktive Auslegung eines Messverfahrens oder einer Messeinrichtung bestimmter Messbereich [T11]

Anmerkung: Der Arbeitsbereich kann in Teilintervalle, die Messbereiche, gegliedert sein. Die untere Schranke des niedrigsten

2 Terms and definitions

2.1 Analytical function

Inverse of the calibration function [T7]

Note: The analytical function relates to each value of the measurand an expectation or prognosis value of the relevant state variable.

2.2 Working range

Measurement range specified by constructive realization of a measurement method or measuring system [T11]

Note: The working range can be divided into sub-intervals, which are the measuring ranges. The lower limit of the lowest measuring

Messbereiches ist die Nachweisgrenze, die obere Schranke des höchsten Messbereiches ist der größte Wert des Referenzzustandes, dem im Arbeitsbereich noch ein Messwert zugeordnet werden kann.

range is the detection limit, the upper limit of the highest measuring range is the highest value of the reference state, which can be related to a measured value in the measuring range.

2.3 Automatische Messeinrichtung

Vollständige Messeinrichtung, die automatisch den Konzentrationsverlauf einer oder mehrerer Messkomponenten kontinuierlich erfasst

2.3 Automated measuring system

Complete measuring system, which automatically detects the concentration of one or more measured components by continuous measurements

2.4 Bestimmungsgrenze

Kleinster Wert der Zustandsgröße, der mit einer (vereinbarten) Sicherheit von 95 % von der Nachweisgrenze unterschieden werden kann [T10]

2.4 Quantification limit

Smallest value of the state variable which can be distinguished from the detection limit with an (agreed) confidence of 95 % [T10]

2.5 Bezugswert

An Immissionsgrenzwerten orientierter Wert, der für die Eignungsprüfung zu Grunde gelegt wird

Anmerkung: Zahlenwerte für den Bezugswert finden sich in Tabelle A2.

2.5 Reference value

Value based on ambient air quality limit values and used as a standard for suitability tests

Note: Reference values are given in Table A2.

2.6 Eignungsbekanntgabe

Verwaltungsakt zur Bestätigung der Eignung der Messeinrichtung für Überwachungsaufgaben im gesetzlich geregelten Bereich [T12]

Anmerkung: Die Bekanntgabe erfolgt durch Veröffentlichung im Gemeinsamen Ministerialblatt der Bundesministerien.

2.6 Declaration of suitability

Administrative act for confirming the suitability of the measuring system for monitoring tasks in the area controlled by law [T12]

Note: The declaration is made by publication in the Joint German Federal Ministerial Gazette.

2.7 Eignungsprüfung

Experimenteller Nachweis, dass die zur Überwachung von Emissionen und Immissionen eingesetzten Mess- und Auswerteeinrichtungen für den vorgesehenen Verwendungszweck die in Regelwerken festgelegten Mindestanforderungen unter Beachtung der entsprechenden Prüfpläne einhalten [T12]

2.7 Performance testing

Experimental demonstration that the measurement and analytical equipment used for monitoring emissions and air pollution complies with the minimum requirements established in regulations for the intended application, taking into account the appropriate test designs [T12]

Note: Performance testing is also termed suitability test.

2.8 Einlaufzeit

Zeit, die vergeht, bis das Messsignal bei der Aufgabe von Nullgas kleiner oder gleich der Bestimmungsgrenze ist

Anmerkung: Die Einlaufzeit ist jeweils für die Zustände zu ermitteln, wenn die Messeinrichtung beispielsweise 1 h, 24 h oder eine Woche ausgeschaltet war.

2.8 Warm-up time

Time needed to get a measured signal smaller or equal the quantification limit on application of zero gas

Note: The warm-up time shall be determined for conditions, when the measuring system was switched-off for e.g. 1 h, 24 h or one week.

2.9 Einsatzzeit

Summe aller Messzeiten, Kalibrierzeiten, Ausfallzeiten und Wartungszeiten

2.9 Operation time

Sum of all measuring times, calibration times, downtimes and maintenance times

2.10 Einstellzeit (90 %-Zeit)

Zeit, die das Messsignal benötigt, um 90 % des Wertes zu erreichen, der sich als Endwert nach einer sprunghaften Änderungen des Konzentrationswertes einstellt

Anmerkung: Die Einstellzeit ist die Summe aus Totzeit und Anstiegszeit (Signalanstieg) oder aus Totzeit und Abfallzeit (Signalabfall).

2.10 Response time (90 % time)

Time needed for the measured signal to reach 90 % of the value equal to the final value after a sharp change in the concentration value

Note: The response time is the sum of lag time and rise time (rising mode) or lag time and fall time (falling mode).

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

2.11 Empfindlichkeit

Verhältnis der Änderung des Messsignals X zur Änderung des Luftbeschaffenheitsmerkmals C: [T7]

$$S = \frac{\partial X}{\partial C} = \frac{\partial g(C, C_1, C_2, \ldots, C_k)}{\partial C} \qquad (1)$$

2.12 Empfindlichkeitsdrift

Änderung der Empfindlichkeit über eine gegebene Zeit, innerhalb derer nicht kalibriert wird

2.13 Erweiterte Messunsicherheit

Kennwert, der einen Bereich um das Messergebnis kennzeichnet, von dem erwartet werden kann, dass er einen großen Anteil der Verteilung der Werte umfasst, die der Messgröße vernünftigerweise zugeordnet werden könnten [T9]

Anmerkung: Die erweiterte Messunsicherheit wird auch *Gesamtunsicherheit* genannt.

2.14 Feldtest

Dauertest an einer dem Einsatzbereich der Messeinrichtung angemessenen Immissionsmessstelle

2.15 Funktionskontrolle

Kontrolle der Messeinrichtung mit je einer Probenahme in einem kompletten Messzyklus (bei Geräten mit Anreicherung) oder in der vierfachen Einstellzeit (bei Geräten mit direkter Messung) mit druckfrei angebotenem Nullgas und einem Prüfgas [T4]

Anmerkung: Die Funktionskontrolle dient zur regelmäßigen Überprüfung der ordnungsgemäßen Funktion der Messeinrichtung mit geringem Aufwand. Eine erste Funktionskontrolle nach einem Kalibrierexperiment dient zur Festlegung der Prüfpunkte für weitere Funktionskontrollen.

2.16 Gesamtunsicherheit

Siehe Anmerkung zu Definition 2.13

2.17 Immissionsgrenzwert

Wert, der auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern, und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums erreicht werden muss und danach nicht überschritten werden darf [G10]

2.18 Kalibrierfunktion

Funktion g, die unter Konstanthaltung aller Werte der Störkomponenten C_i den Verlauf des Messsignals X in Abhängigkeit von dem zu untersuchenden Luftbeschaffenheitsmerkmal C, welches durch Referenz-

2.11 Sensitivity

Ratio of the change in the output signal X to the change in the air quality characteristic C: [T7]

$$S = \frac{\partial X}{\partial C} = \frac{\partial g(C, C_1, C_2, \ldots, C_k)}{\partial C} \qquad (1)$$

2.12 Sensitivity drift

Change in the sensitivity over a specified time without calibration

2.13 Expanded uncertainty

Quantity defining an interval about the result of a measurement that may be expected to encompass a large fraction of the distribution of values that could reasonably be attributed to the measurand [T9]

Note: The expanded uncertainty is often called *overall uncertainty.*

2.14 Field test

Continuous test at an ambient air quality measurement site corresponding to the field of application of the measuring system

2.15 Functional check

Check of the measuring system with one sample taken in a complete measuring cycle (for instruments with enrichment) or in four times the response time (for instruments with in-situ measurement) by zero gas and one test gas provided without pressure [T4]

Note: The functional check is used as a regular check of proper functioning of the measuring system with low effort. A first functional check after the calibration experiment is used to specify the test elements of further functional checks.

2.16 Overall uncertainty

See note to definition 2.13

2.17 Ambient air quality limit value

Value fixed on the basis of scientific knowledge, with the aim of avoiding, preventing or reducing harmful effects on human health and/or the environment as a whole, to be attained within a given period and not to be exceeded once attained [G10]

2.18 Calibration function

Function g describing the output variable X as a function the output variable X as a function of the air quality characteristic C under investigation represented by reference material or reference measurement

materialien bzw. Referenzmessverfahren dargestellt wird, beschreibt: [T7]

$$X = g(C, C_1, C_2, ..., C_k)\big|_{C_i = \text{constant};\ i = 1, ..., k} \quad (2)$$

2.19 Kalibrierung

Durchführung eines Experimentes zur Bestimmung des eindeutigen Zusammenhangs zwischen dem Messwert und der vorgegebenen Quantität des Kalibriergases bzw. dem zugehörigen Messwert des Referenzmessverfahrens [T4]

Anmerkung: Die Kalibrierung schließt eine Justierung der Messeinrichtung (elektronisch oder mechanisch) nicht aus.

2.20 Kalibrierzeit

Summe aller Zeiten, während der die Messeinrichtung kalibriert wird

2.21 Kurzzeit-Immissionsgrenzwert

Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit und/oder Umwelt gegen kurzfristige, akute schädliche Auswirkungen (Spitzenbelastungen)

Anmerkung: Als Kenngröße zum Vergleich mit dem Kurzzeit-Immissionsgrenzwert wird ein festgelegter Prozentwert der Summenhäufigkeitsverteilung der Einzelwerte eines Jahres ermittelt.

2.22 Langzeit-Immissionsgrenzwert

Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit und/oder Umwelt gegen langfristige schädliche Auswirkungen

Anmerkung: Als Kenngröße zum Vergleich mit dem Langzeit-Immissionsgrenzwert wird der arithmetische Jahresmittelwert aus den Einzelwerten eines Jahres ermittelt.

2.23 Linearität der Kalibrierfunktion

Annahme, dass für das Luftbeschaffenheitsmerkmal C die Empfindlichkeit, d.h. der Differentialquotienten $\partial g/\partial C$, konstant ist

2.24 Luftbeschaffenheitsmerkmal

Quantifizierbare Eigenschaft einer zu untersuchenden Luftprobe, beispielsweise die Konzentration einer Luftkomponente [T7]

2.25 Messbereichsendwert

Größter Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals, der innerhalb festgelegter Grenzen der Verfahrenskenngrößen gemessen werden kann [T7]

2.26 Messunsicherheit

Dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnten [T9]

methods, with all interferents C_i remaining constant: [T7]

$$X = g(C, C_1, C_2, ..., C_k)\big|_{C_i = \text{constant};\ i = 1, ..., k} \quad (2)$$

2.19 Calibration

Performing an experiment for the determination of the non-ambiguous relationship between the measured value and the specified quantity of the calibration gas or the corresponding measured value of the reference measurement method [T4]

Note: The calibration may include an (electronic or mechanic) adjustment of the measuring system.

2.20 Calibration period

Sum of all periods used for calibration of the measuring system

2.21 Short-term ambient air quality limit value

Limit value set for the protection of human health and/or the environment against short-term acute impact (pollution peaks).

Note: A specified percentage value of the frequency distribution of the single measured values of one year is used as a characteristic for comparison with the short-term ambient air quality limit value.

2.22 Long-term ambient air quality limit value

Limit value set for the protection of human health and/or the environment against long-term impact

Note: The arithmetic annual average of the single measured values of one year is used as a characteristic for comparison with the long-term ambient air quality limit value.

2.23 Linearity of the calibration function

Assumption that the sensitivity, i.e. the differential quotient $\partial g/\partial C$, is constant for the air quality characteristic C

2.24 Air quality characteristic

One of the quantifiable properties relating to an air mass under investigation, for example, concentration of a constituent [T7]

2.25 Upper limit of measurement

Highest value of the air quality characteristic which can be measured within specified limits of performance characteristics [T7]

2.26 Measurement uncertainty

Parameter associated with the result of a measurement, that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand [T9]

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Anmerkung: Für die Eignungsprüfung wird die Messunsicherheit aus Doppelbestimmungen ermittelt, da hierdurch zum Beispiel die Unsicherheit der Prüfgasaufgabe eliminiert wird.

Note: In suitability tests the measurement uncertainty is determined from parallel measurements with two identical measuring systems in order to eliminate, for example, the uncertainty caused by the calibration with test gases.

2.27 Messzeit

Zeit, während der die Messeinrichtung für die Messaufgabe verwertbare Messwerte liefert [T4]

Anmerkung: Die Messzeit schließt die Kalibrierzeit nicht ein.

2.27 Measuring time

Time period when the measuring system provides measured signals usable for the measurement task [T4]

Note: The measuring time does not include the calibration time.

2.28 Mindestanforderungen

In Regelwerken festgelegte technische Kenngrößen und formale Anforderungen an Mess- und Auswerteeinrichtungen, die zur Überwachung von Emissionen und Immissionen eingesetzt werden

2.28 Minimum requirements

Technical characteristic data and formal requirements specified in regulations for measuring and evaluation systems used for monitoring emissions and ambient air quality [T12]

2.29 Mittelungszeitraum

Festgelegte Zeitspanne für die Bildung der Einzelwerte.

Anmerkung: Der minimale Mittelungszeitraum für den Einzelwert beträgt 1 h.

2.29 Averaging time

Specified time period used for calculation of single measured values.

Note: The minimum averaging time of a single measured value is 1 h.

2.30 Nachweisgrenze

Kleinster Wert der Zustandsgröße, der mit einer (vereinbarten) Sicherheit von 95 % von einem Zustand Null unterschieden werden kann [T10]

2.30 Detection limit

Smallest value of the state variable which can be distinguished from a zero state with an (agreed) confidence of 95 % [T10]

2.31 Nullpunktsdrift

Änderung des Nullpunktes über eine gegebene Zeitdauer, innerhalb derer nicht kalibriert wird

Anmerkung: Die Nullpunktsdrift wird durch den Erwartungswert der zeitlichen Änderung des Nullpunktes sowie dessen Schwankungsbreite (95 %-Wahrscheinlichkeit) quantifiziert.

2.31 Drift of zero point

Change in the zero point within a specified time period without calibration

Note: The zero point drift is quantified by the expected value of the temporal change in the zero point as well as the fluctuation of the change (95 % confidence).

2.32 Querempfindlichkeit

Verhältnis der Änderung des Messsignals X zur Änderung des Wertes der Störkomponente C_i:

$$S_i = \frac{\partial X}{\partial C_i} = \frac{\partial g(C, C_1, C_2, \ldots, C_k)}{\partial C_i} \qquad (3)$$

2.32 Cross-sensitivity

Quotient of the change in the output signal X and the change in the value C_i of the interfering component:

$$S_i = \frac{\partial X}{\partial C_i} = \frac{\partial g(C, C_1, C_2, \ldots, C_k)}{\partial C_i} \qquad (3)$$

2.33 PM_{10}

Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist [G11]

2.33 PM_{10}

Particulate matter which passes through a size-selective inlet with a 50 % efficiency cut-off at 10 µm aerodynamic diameter [G11]

2.34 Prüfinstitut

Prüflaboratorium, das von einer staatlichen Stelle zur Durchführung von Eignungsprüfungen bekannt gegeben ist [T12]

2.34 Test institute

Test laboratory notified by a governmental agency for carrying out suitability testing [T12]

2.35 Prüfplan

Technische Vorgehensweise zur Prüfung der Eignung einer Messeinrichtung durch Vergleich mit den Mindestanforderungen [T12]

2.36 Referenzmaterial

Substanz oder Mischung von Substanzen, von der die Zusammensetzung innerhalb festgelegter Grenzen bekannt ist und von der ein oder mehrere Merkmalswerte für einen vereinbarten Zeitraum so genau festgelegt sind, dass sie zur Kalibrierung von Messeinrichtungen, zur Beurteilung von Messverfahren oder zur Zuweisung von Stoffwerten verwendet werden können [T7]

2.37 Referenzmessverfahren

Vereinbarter Satz von theoretischen und praktischen Verfahrensschritten zur Bestimmung eines oder mehrerer Luftbeschaffenheitsmerkmale, zu deren Bestimmung Referenzmaterialien praktisch nicht hergestellt werden können; das ermittelte Messergebnis ist vereinbarungsgemäß der Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals.

2.38 Reproduzierbarkeit R_D

Quotient aus dem Bezugswert B_1 und der aus Doppelbestimmungen ermittelten erweiterten Messunsicherheit U_D: [T10]

$$R_D = \frac{B_1}{U_D} = \frac{B_1}{t_{n;\,0,95}\, s_D} \qquad (4)$$

mit

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{1i} - x_{2i})^2}{2n}} \qquad (5)$$

Anmerkung: Die Reproduzierbarkeit wird mit zwei baugleichen und parallel betriebenen Messeinrichtungen bestimmt.

2.39 Rüstzeit

Zeit, die benötigt wird, um die Messeinrichtung so vorzubereiten, dass diese in Betrieb genommen werden kann

2.40 Totzeit

Zeitspanne, nach deren Ablauf das Messsignal 10 % der gesamten Änderung erreicht hat [T7]

2.41 Unsicherheit

Siehe Definition 2.26 bzw. 2.13

2.42 Verfügbarkeit

Quotient aus Messzeit und Einsatzzeit [T4]

2.35 Test design

Technical procedure for testing the suitability of a measuring system by comparison with the minimum requirements [T12]

2.36 Reference material

Substance or mixture of substances, the composition of which is known within specified limits, and one or more of the properties of which are sufficiently well established over a stated period of time to be used for calibration of a measuring system, the assessment of a measuring method, or for assigning values to materials [T7]

2.37 Reference measurement method

Agreed set of theoretical and practical operations for determining one or more air quality characteristics where it is not practical to produce a reference material; the result obtained is defined as a measure of the air quality characteristic.

2.38 "Reproduzierbarkeit" R_D

Quotient of the reference value B_1 and the expanded measurement uncertainty U_D determined from parallel determinations: [T10]

$$R_D = \frac{B_1}{U_D} = \frac{B_1}{t_{n;\,0,95}\, s_D} \qquad (4)$$

where

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{1i} - x_{2i})^2}{2n}} \qquad (5)$$

Note: The "Reproduzierbarkeit" is determined by paired measurements with two identical measuring systems.

2.39 Set-up time

Time needed to set-up the measuring systems in such a way that it can be set into operation

2.40 Lag time

Time taken for the output signal to reach 10 % of the final change in reading [T7]

2.41 Uncertainty

See definitions 2.13 and 2.26

2.42 Availability

Quotient of measuring time and operation time [T4]

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

2.43 Wartungsintervall

Maximal zulässige Zeitspanne, innerhalb derer die Einhaltung der angegebenen Werte der Verfahrenskenngrößen gewährleistet ist, ohne dass es dazu einer Wartung bedarf, beispielsweise Filterwechsel, Nachfüllung, Kalibrierung [T7]

2.44 Wartungszeit

Zeitdauer der Arbeiten, die zur Instandhaltung der Messeinrichtung erforderlich sind (planmäßig vorbeugende Instandhaltung) [T11]

3 Symbole und Abkürzungen

B_i	Bezugswert (i = 0, 1, 2)
c	Messwert
c_0	Konzentration des Referenzmaterials
c_K	Signalbeitrag (in Einheiten des Messwertes) aufgrund des Einflusses der betrachteten Kenngrößen K der Messeinrichtung
C	Luftbeschaffenheitsmerkmal
C_i	Störkomponente
g	Kalibrierfunktion
IGW1	Langzeit-Immissionsgrenzwert
IGW2	Kurzzeit-Immissionsgrenzwert
I_1	Wert des IGW1
I_2	Wert des IGW2
K	Verfahrenskenngröße der Messeinrichtung
max	Maximalwert
n	Anzahl der Doppelbestimmungen
n_K	Anzahl der statistisch unabhängigen Bestimmungen der Kenngröße K im Mittelungszeitraum
R_D	Reproduzierbarkeit aus Doppelbestimmungen
s	Standardabweichung
s_D	Standardabweichung aus Doppelbestimmungen
S	Empfindlichkeit
S_i	Querempfindlichkeit
$t_{n;\,0,95}$	Studentfaktor für 95 % Sicherheit und Freiheitsgrad n
T_U	Umgebungstemperatur
u	Messunsicherheit
$u(c)$	Unsicherheit des Messwertes c
$u(c_0)$	Unsicherheit des zur Kalibrierung eingesetzten Referenzmaterials
$u(\bar{c})$	Unsicherheit des zeitlichen Mittelwertes
$u_M(c_K)$	Beitrag einer einzelnen Kenngröße K zur Unsicherheit des Mittelwertes
U	Erweiterte Messunsicherheit
U_D	Erweiterte Messunsicherheit aus Doppelbestimmungen

2.43 Maintenance interval

Maximum admissible period of time for which the performance characteristics will remain within a predefined range without external servicing, for example filter change, refill, calibration [T7]

2.44 Maintenance time

Time of all activities needed for the maintenance of the measuring system (planned preventive maintenance) [T11]

3 Symbols and abbreviations

B_i	reference value (i = 0, 1, 2)
c	measured value
c_0	concentration of the reference material
c_K	signal contribution (in units of the measured value) caused by the influence of the considered characteristic K of the measuring system
C	air quality characteristic
C_i	interferent
g	calibration function
IGW1	long-term ambient air quality limit value
IGW2	short-term ambient air quality limit value
I_1	value of IGW1
I_2	value of IGW2
K	performance characteristic of the measuring system
max	maximum value
n	number of paired measurements
n_K	number of statistically independent determinations of characteristic K in the averaging period
R_D	”Reproduzierbarkeit“ determined by paired measurements
s	standard deviation
s_D	standard deviation determined by paired measurements
S	sensitivity
S_i	cross-sensitivity
$t_{n;\,0,95}$	student factor at 95 % confidence and number of degrees of freedom n
T_U	ambient temperature
u	measurement uncertainty
$u(c)$	uncertainty of the measured value c
$u(c_0)$	uncertainty of the reference material used for calibration
$u(\bar{c})$	uncertainty of the time average
$u_M(c_K)$	contribution of characteristic K to the uncertainty of the average
U	expanded uncertainty
U_D	expanded uncertainty determined by paired measurements

x_{1i} Messsignal der ersten Messeinrichtung bei der i-ten Konzentration

x_{2i} Messsignal der zweiten Messeinrichtung bei der i-ten Konzentration

x_{1i} output signal of the first measuring system at i-th concentration

x_{2i} output signal of the second measuring system at i-th concentration

4 Bauartanforderungen

4.1 Allgemeine Anforderungen

4.1.1 Messwertanzeige

Die Messeinrichtung muss eine Messwertanzeige besitzen.

4.1.2 Wartungsfreundlichkeit

Die notwendigen Wartungsarbeiten an der Messeinrichtung sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.

4.1.3 Funktionskontrolle

Soweit zum Betrieb oder zur Funktionskontrolle der Messeinrichtung spezielle Einrichtungen erforderlich sind, sind diese als zum Gerät gehörig zu betrachten und bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und mit in die Bewertung aufzunehmen.

Zur Messeinrichtung gehörende Prüfgaserzeugungssysteme müssen der Messeinrichtung ihre Betriebsbereitschaft über ein Statussignal anzeigen und über die Messeinrichtung direkt sowie auch telemetrisch angesteuert werden können.

Die Unsicherheit der zur Messeinrichtung gehörenden Prüfgaserzeugungseinrichtung darf in drei Monaten 1 % vom Bezugswert B_2 nicht überschreiten.

Anmerkung: Der Einfluss der Unsicherheit des Prüfgases auf die Unsicherheit des Messergebnisses wird in Anhang C dargestellt.

4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten

Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung anzugeben.

4.1.5 Bauart

Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten. Im Wesentlichen sind dies:

- Bauform (z.B. Tischgerät, Einbaugerät, freie Aufstellung)
- Einbaulage (z.B. horizontaler oder vertikaler Einbau)
- Sicherheitsanforderungen
- Abmessungen
- Gewicht
- Energiebedarf

4 Requirements on the instrument design

4.1 General requirements

4.1.1 Measured value display

The measuring system shall be fitted with a measured value display.

4.1.2 Easy maintenance

Necessary maintenance of the measuring systems should be possible without larger effort, if possible from outside.

4.1.3 Functional check

If the operation or the functional check of the measuring system require particular instruments, they shall be considered as part of the measuring system and be applied in the corresponding sub-tests and included in the assessment.

Test gas units included in the measuring system shall indicate their operational readiness to the measuring system by a status signal and shall provide direct as well as remote control via the measuring system.

The uncertainty of the test gas unit included in the measuring system shall not exceed 1 % of reference value B_2 within three months.

Note: The influence of the uncertainty of the test gas on the uncertainty of measured results is described in Annex C.

4.1.4 Set-up times and warm-up times

The set-up times and warm-up-times shall be specified in the instruction manual.

4.1.5 Instrument design

The instruction manual shall include specifications of the manufacturer regarding the design of the measuring system. The main elements are:

- instrument shape (e.g. bench mounting, rack mounting, free mounting)
- mounting position (e.g. horizontal or vertical mounting)
- safety requirements
- dimensions
- weight
- power consumption

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

4.1.6 Unbefugtes Verstellen

Die Justierung der Messeinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können.

4.1.7 Messsignalausgang

Die Messsignale müssen digital (z.B. RS 232) und/oder analog (z.B. 4 mA bis 20 mA) angeboten werden.

4.2 Anforderungen an Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz

Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz müssen die Anforderungen an Messeinrichtungen für den stationären Einsatz auch im mobilen Einsatz erfüllen. Beim mobilen Einsatz von Messeinrichtungen, beispielsweise Messungen im fließenden Verkehr, zeitlich begrenzte Messungen an verschiedenen Orten oder Flugzeugmessungen, muss die ständige Betriebsbereitschaft sichergestellt sein.

4.1.6 Unintended adjustment

It shall be possible to secure the adjustment of the measuring system against illicit or unintended adjustment during operation.

4.1.7 Data output

The output signals shall be provided digitally (e.g. RS 232) and/or as analogue signals (e.g. 4 mA to 20 mA).

4.2 Requirements on measuring systems for mobile application

Measuring systems for mobile application shall also comply with the requirements on measuring systems for stationary application in the case of mobile application. The measuring system shall be in a permanent operational stand-by mode during mobile application, e.g. measurements in running traffic, time-limited measurements at different locations or measurements on aircraft.

5 Leistungsanforderungen

5.1 Allgemeines

Die Herstellerangaben in der Betriebsanleitung der Messeinrichtung dürfen keinesfalls besser sein als die Ergebnisse der Eignungsprüfung. Abweichende Angaben sind bis zur Eignungsbekanntgabe vom Hersteller in der Betriebsanleitung zu korrigieren.

In den Mindestanforderungen an Messeinrichtungen werden Bezugswerte B_0, B_1 und B_2 zur Eingrenzung der zu prüfenden Messbereiche verwendet. Der Bezugswert B_0 legt den Messbereich zur Prüfung der Nachweisgrenze fest. Der Bezugswert B_1 legt die obere Grenze des Messbereichs für Prüfungen fest, die sich auf den IGW1 beziehen. Entsprechend legt der Bezugswert B_2 die obere Grenze des Messbereichs für Prüfungen fest, die sich auf den IGW2 beziehen. Die Bezugswerte sind für verschiedene Luftschadstoffe in Tabelle A2 aufgeführt.

Wenn keine Bezugswerte bekannt sind, so sind geeignete Bezugswerte durch das Prüfinstitut im Einvernehmen mit den anderen Prüfinstituten festzulegen und anzugeben.

Für alle Messeinrichtungen gelten die allgemeinen Anforderungen nach Abschnitt 5.2. Zusätzlich gelten spezifische Anforderungen an:

- Messeinrichtungen zur Messung partikelförmiger Luftverunreinigungen nach Abschnitt 5.3
- Mehrkomponentenmesseinrichtungen nach Abschnitt 5.4

5 Performance requirements

5.1 General

The manufacturer's specifications in the instruction manual shall be by no means better than the results of the suitability test. Deviating specifications shall be corrected in the instruction manual by the manufacturer before declaration of suitability.

The minimum requirements on measuring systems make use of reference values B_0, B_1 and B_2 in order to limit the measuring ranges to be tested. Reference value B_0 specifies the measuring range for testing the detection limit. Reference value B_1 specifies the upper limit of the measuring range to be used in the tests related to IGW1. Accordingly, reference value B_2 specifies the upper limit of the measuring range to be used in the tests related to IGW2. Table A2 lists these reference values for different air pollutants.

If reference values have not been specified, the test institute shall specify and declare suitable reference values in agreement with other test institutes.

The general requirements according to Section 5.2 apply to all measuring systems. In addition, specific requirements apply to:

- measuring systems for the measurement of particulate air pollutants according to Section 5.3
- multiple-component measuring systems according to Section 5.4

5.2 Allgemeine Anforderungen an Messeinrichtungen

5.2.1 Messbereich

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung muss größer oder gleich dem Bezugswert B_2 sein.

5.2.2 Negative Messsignale

Negative Messsignale bzw. Messwerte dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).

5.2.3 Analysenfunktion

Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mit Hilfe der Analysenfunktion darstellbar sein und durch Regressionsrechnung ermittelt werden.

5.2.4 Linearität

Die Linearität gilt als gesichert, wenn die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion (nach Abschnitt 5.2.1) im Bereich von Null bis B_1 nicht mehr als 5 % von B_1 und im Bereich von Null bis B_2 nicht mehr als 1 % von B_2 beträgt.

5.2.5 Nachweisgrenze

Die Nachweisgrenze der Messeinrichtung darf den Bezugswert B_0 nicht überschreiten. Die Nachweisgrenze ist im Feldtest zu ermitteln.

5.2.6 Einstellzeit

Die Einstellzeit (90 %-Zeit) der Messeinrichtung darf nicht mehr als 5 % der Mittelungszeit (180 s) betragen.

5.2.7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur

Die Temperaturabhängigkeit des Nullpunkt-Messwertes darf bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C den Bezugswert B_0 nicht überschreiten.

5.2.8 Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur

Die Temperaturabhängigkeit des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B_1 darf nicht mehr als ±5 % des Messwertes bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C betragen.

5.2 General requirements on measuring systems

5.2.1 Measuring range

The upper limit of measurement of the measuring systems shall be greater or equal to reference value B_2.

5.2.2 Negative output signals

Negative output signals or measured values may not be suppressed (life zero).

5.2.3 Analytical function

The relationship between the output signal and the value of the air quality characteristic shall be represented by the analytical function and determined by regression analysis.

5.2.4 Linearity

Reliable linearity is given, if deviations of the group averages of measured values about the calibration function are smaller than 5 % of B_1 in the range of zero to B_1, and smaller than 1 % of B_2 in the range of zero to B_2.

5.2.5 Detection limit

The detection limit of the measuring system shall be smaller or equal to reference value B_0. The detection limit shall be determined in the field.

5.2.6 Response time

The response time (90 % time) of the measuring system shall be smaller or equal to 5 % of the averaging time (180 s).

5.2.7 Dependence of the zero point on ambient temperature

The temperature dependence of the measured value at zero concentration shall not exceed the reference value B_0 if ambient temperature is changed by 15 K in the range of +5 °C to +20 °C or by 20 K in the range of +20 °C to +40 °C.

5.2.8 Dependence of the measured value on ambient temperature

The temperature dependence of the measured value in the range of reference value B_1 shall not exceed 5 % of the measured value if ambient temperature is changed by 15 K in the range of +5 °C to +20 °C or by 20 K in the range of +20 °C to +40 °C.

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

5.2.9 Nullpunktsdrift

Die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes darf in 24 h und im Wartungsintervall den Bezugswert B_0 nicht überschreiten.

5.2.10 Drift des Messwertes

Die zeitliche Änderung des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B_1 darf in 24 h und im Wartungsintervall ±5 % von B_1 nicht überschreiten.

5.2.11 Querempfindlichkeit

Die Absolutwerte der Summen der positiven bzw. negativen Abweichungen aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen dürfen im Bereich des Nullpunktes nicht mehr als B_0 und im Bereich von B_2 nicht mehr als 3 % von B_2 betragen. Die Konzentration des Begleitstoffes wird im Bereich des jeweiligen B_2-Wertes des Begleitstoffes eingesetzt. Sind keine entsprechenden Bezugswerte bekannt, so ist ein geeigneter Bezugswert durch das Prüfinstitut im Einvernehmen mit den anderen Prüfinstituten festzulegen und anzugeben. Bei der Untersuchung der Querempfindlichkeit sind die in Tabelle 1 aufgeführten Stoffe besonders zu berücksichtigen. In Abhängigkeit vom Messprinzip sind gegebenenfalls weitere Stoffe zu berücksichtigen.

Tabelle 1. Störkomponenten und Wert

Störkomponente	Wert
CO_2	700 mg/m³
CO	60 mg/m³
H_2O	30 % bis 90 % relative Feuchte
SO_2	700 µg/m³
NO	100 µg/m³ bis 1000 µg/m³
NO_2	400 µg/m³
N_2O	500 µg/m³
H_2S	30 µg/m³
NH_3	30 µg/m³
O_3	360 µg/m³
ausgewählte Kohlenwasserstoffe	–

5.2.12 Reproduzierbarkeit

Die Reproduzierbarkeit R_D der Messeinrichtung ist aus Doppelbestimmungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen zu ermitteln und darf den Wert 10 nicht unterschreiten. Als Bezugswert ist B_1 zu verwenden.

5.2.13 Stundenwerte

Das Messverfahren muss die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.

5.2.9 Drift of zero point

The temporal change in the measured value at zero concentration shall not exceed the reference value B_0 in 24 h and in the maintenance interval.

5.2.10 Drift of measured value

The temporal change in the measured value in the range of reference value B_1 shall not exceed 5 % of B_1 in 24 h and in the maintenance interval.

5.2.11 Cross-sensitivities

The absolute values of the sum of the positive and the sum of negative deviations caused by cross-sensitivities of interfering components in the measured sample shall not exceed B_0 at the zero point and shall not exceed 3 % of B_2 in the range of B_2. The concentration of interfering components shall correspond to the B_2 value of the respective interfering component. If reference values have not been specified, the test institute shall specify and declare suitable reference values in agreement with other test institutes. Especially the components listed in Table 1 shall be taken into account in the check of cross-sensitivities. If necessary, additional components shall be taken into account on the basis of the measurement method used.

Table 1. Interfering components and values

Interferent	Value
CO_2	700 mg/m³
CO	60 mg/m³
H_2O	30 % to 90 % relative humidity
SO_2	700 µg/m³
NO	100 µg/m³ to 1000 µg/m³
NO_2	400 µg/m³
N_2O	500 µg/m³
H_2S	30 µg/m³
NH_3	30 µg/m³
O_3	360 µg/m³
selected hydrocarbons	–

5.2.12 ”Reproduzierbarkeit“

The ”Reproduzierbarkeit“ R_D of the measuring system shall be determined by parallel measurements with two identical measuring systems and shall be at least equal to 10. B_1 shall be used as the reference value.

5.2.13 Hourly averages

The measurement method shall allow for formation of hourly averages.

5.2.14 Netzspannung und Netzfrequenz

Die Änderung des Messwertes beim Bezugswert B_1 durch die im elektrischen Netz üblicherweise auftretende Änderung der Spannung im Intervall $\left(230^{+15}_{-20}\right)$ V darf nicht mehr als B_0 betragen. Weiterhin darf im mobilen Einsatz die Änderung des Messwertes durch Änderung der Netzfrequenz im Intervall (50 ± 2) Hz nicht mehr als B_0 betragen.

5.2.15 Stromausfall

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas unterbunden sein. Die Geräteparameter sind durch eine Pufferung gegen Verlust durch Netzausfall zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss das Gerät automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.

5.2.16 Gerätefunktionen

Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.

5.2.17 Umschaltung

Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch durch rechnerseitige Steuerung und manuell auslösbar sein.

5.2.18 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung muss mindestens 90 % betragen.

5.2.19 Konverterwirkungsgrad

Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad mindestens 95 % betragen.

5.2.20 Wartungsintervall

Das Wartungsintervall der Messeinrichtung ist zu ermitteln und anzugeben. Das Wartungsintervall sollte möglichst 28 Tage, muss jedoch mindestens 14 Tage betragen.

5.2.21 Gesamtunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochterrichtlinien zur Luftqualität [G11 bis G13] nicht überschreiten.

5.3 Anforderungen an Messeinrichtungen für partikelförmige Luftverunreinigungen

Ergänzend zu den Abschnitten 5.1 und 5.2 gelten für Staubmesseinrichtungen die folgenden Anforderungen.

5.2.14 Mains voltage and frequency

The change in the measured values at reference value B_1 caused by normal changes in the mains voltage in the interval $\left(230^{+15}_{-20}\right)$ V shall not exceed B_0. In addition, for mobile applications the change in the measured value caused by changes in frequency of the mains voltage in the interval (50 ± 2) Hz shall not exceed B_0.

5.2.15 Failure in the mains voltage

In case of malfunction of the measuring system or failure in the mains voltage, uncontrolled emission of operation and calibration gas shall be avoided. The instrument parameters shall be secured by buffering against loss caused by failure in the mains voltage. When mains voltage returns, the instrument shall automatically reach the operation mode and start the measurement according to the operating instructions.

5.2.16 Operating states

Measuring systems shall be able to telemetrically transmit important operating states by status signals.

5.2.17 Switch-over

Switch-over between measurement and functional check and/or calibration shall be possible telemetrically by computer control or manual intervention.

5.2.18 Availability

The availability of the measuring system shall be at least 90 %.

5.2.19 Efficiency of the converter

In case of measuring systems with a converter, the efficiency of the converter shall be at least 95 %.

5.2.20 Maintenance interval

The maintenance interval of the measuring system shall be determined and specified. The maintenance interval should be 28 days, if possible, but at least 14 days.

5.2.21 Overall uncertainty

The expanded uncertainty of the measuring system shall be determined. The value determined shall not exceed the corresponding data quality objectives in the EU Daughter Directives on air quality [G11 to G13].

5.3 Requirements on measuring systems for particulate air pollutants

In addition to Sections 5.1 and 5.2, the following requirements apply to dust measuring systems.

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

5.3.1 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems

Für das PM_{10}-Probenahmesystem ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T5] nachzuweisen.

5.3.2 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme

Die PM_{10}-Probenahmesysteme zweier baugleicher Prüflinge müssen untereinander nach DIN EN 12 341 [T5] vergleichbar sein. Dies ist während des Feldtestes nachzuweisen.

5.3.3 Kalibrierung

Die PM_{10}-Prüflinge sind im Feldtest mit einem Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T5] durch Vergleichsmessungen zu kalibrieren. Hierbei ist der Zusammenhang zwischen dem Messsignal und der gravimetrisch bestimmten Referenzkonzentration als stetige Funktion zu ermitteln.

5.3.4 Querempfindlichkeit

Der Störeinfluss durch die im Messgut enthaltene Feuchte darf im Bereich von B_1 nicht mehr als 10 % von B_1 betragen. Ist das Probenahmerohr beheizt, muss die Vergleichbarkeit zum gravimetrischen Referenzverfahren bei der angegebenen Temperatur nachgewiesen werden.

5.3.5 Tagesmittelwerte

Die Messeinrichtung muss die Bildung von 24 h-Mittelwerten ermöglichen. Bei Filterwechseln darf die hierfür insgesamt benötigte Zeit nicht mehr als 1 % der Mittelungszeit betragen.

5.3.6 Konstanz des Probenahmevolumenstroms

Der über die Probenahmedauer gemittelte Probenahmevolumenstrom muss auf ±3 % vom Sollwert konstant sein. Alle Momentanwerte des Probenahmevolumenstroms müssen während der Probenahmedauer innerhalb der Schwankungsbreite von ±5 % des Sollwertes liegen.

5.3.7 Dichtheit des Probenahmesystems

Das gesamte Probenahmesystem ist auf Dichtheit zu prüfen. Die Undichtigkeit darf nicht mehr als 1 % vom durchgesaugten Probenahmevolumen betragen.

5.4 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen

Mehrkomponentenmesseinrichtungen müssen die Anforderungen für jede Einzelkomponente erfüllen, auch bei Simultanbetrieb aller Messkanäle.

5.3.1 Equivalency of the sampling system

The equivalency between the PM_{10} sampling system and the reference method according to DIN EN 12 341 [T5] shall be demonstrated.

5.3.2 Reproducibility of the sampling systems

The PM_{10} sampling systems of two identical systems under test shall be reproducible among themselves according to DIN EN 12 341 [T5]. This shall be demonstrated in the field test.

5.3.3 Calibration

The PM_{10} systems under test shall be calibrated in the field test by comparison measurements with a reference method according to DIN EN 12 341 [T5]. Here, the relationship between the output signal and the gravimetrically determined reference concentration shall the determined as a steady function.

5.3.4 Cross-sensitivity

The interference caused by moisture in the sample shall not exceed 10 % of B_1 in the range of B_1. In case of a heated sampling line, the reproducibility to the gravimetric reference method shall be determined at the specified temperature.

5.3.5 Daily averages

The measuring system shall allow for formation of daily averages. In case of filter changes, the time needed for the filter changes shall not exceed 1 % of the averaging time.

5.3.6 Constancy of sample volumetric flow

The sample volumetric flow averaged over the sampling time shall be constant within ±3 % of the rated value. All instantaneous values of the sample volumetric flow shall be within a range of ±5 % of the rated value during sampling.

5.3.7 Tightness of the sampling system

The complete sampling system shall be checked for tightness. Leakage shall not exceed 1 % of the sample volume sucked.

5.4 Requirements on multiple-component measuring systems

Multiple-component measuring systems shall comply with the requirements set for each component, also in the case of simultaneous operation of all measuring channels.

Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Bei sequentiellem Betrieb muss die Bildung von Stundenmittelwerten gesichert sein.

In case of sequential operation, the formation of hourly averages shall be possible.

6 Prüfung

6.1 Durchführung der Prüfung

Die Eignungsprüfung wird mit zwei baugleichen vollständigen Messeinrichtungen in einem Labor- und in einem mindestens dreimonatigen Feldtest von einem autorisierten Prüfinstitut durchgeführt. Grundlage der Prüfung ist der Prüfplan (siehe Abschnitt 6.3).

Die Prüfergebnisse werden mit den Mindestanforderungen als Maßstab beurteilt.

6.2 Prüfinstitute

Die autorisierten Prüfinstitute werden für die Durchführung der Eignungsprüfungen von staatlichen Stellen benannt, wenn spezielle Anforderungen erfüllt sind (siehe VDI 4203 Blatt 1, Anhang A [T12]).

6.3 Prüfplan

Einzelheiten der Eignungsprüfung von Immissionsmesseinrichtungen werden in der Richtlinienreihe VDI 4203 behandelt.

7 Bekanntgabe eignungsgeprüfter Messeinrichtungen

Nach Abschluss einer Eignungsprüfung legt das Prüfinstitut über die Ergebnisse einen Prüfbericht vor, der einem Bund-Länder Gremium unter Vorsitz des Umweltbundesamtes und dem Unterausschuss Luft/Überwachung des Länderausschusses für Immissionsschutz zur Begutachtung zugeleitet wird.

Führt die Abstimmung zwischen dem Umweltbundesamt, den zuständigen Landesbehörden und den Prüfinstituten zu einem positiven Gesamturteil, soll die Eignung der geprüften Messeinrichtung im Gemeinsamen Ministerialblatt (GMBl) der Bundesministerien bekannt gegeben werden. Diese Eignungsbekanntgabe im Gemeinsamen Ministerialblatt der Bundesministerien wird vom Umweltbundesamt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit veranlasst.

Das Prüfinstitut hat die Prüfungsunterlagen und die Prüfergebnisse den nach Landesrecht zuständigen Behörden zugänglich zu machen und mindestens fünf Jahre aufzubewahren.

6 Testing

6.1 Performing the test

The performance testing is carried out with two identical complete measuring systems in the laboratory and for at least three months in the field by an accredited test institute. The test is performed on the basis of a specific test design (see Section 6.3).

The test results shall be assessed by comparison with the minimum requirements.

6.2 Test institutes

The accredited test institutes are notified for performance testing by governmental agencies, if specific requirements are fulfilled (see VDI 4203 Part 1, Annex A [T12]).

6.3 Test design

Details of performance testing of ambient air quality measuring systems are specified in the series of guidelines VDI 4203.

7 Declaration of suitability-tested measuring systems

At the end of the suitability test, the test institute prepares a test report with the results, which is then be forwarded for adoption to both a governmental committee chaired by the Federal Environmental Agency and the Sub-committee on Air/Monitoring in the Federal State's Committee for Ambient Air Quality Protection.

If the considerations between the Federal Environmental Agency, the relevant state authorities and the test institutes lead to a positive decision, the suitability of the tested measuring system shall be published in the Joint Ministerial Gazette of the Federal Ministries (GMBl). This declaration of suitability in the Joint Ministerial Gazette of the Federal Ministries is initiated by the Federal Environmental Agency on behalf of the Federal Minister for the Environment, Nature Protection and Nuclear Safety.

The test institute shall grant the relevant state authorities access to the documentation and the test results and shall store the documentation for at least five years.

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Anhang A Immissionsgrenzwerte und Bezugswerte

In Tabelle A1 sind Immissionsgrenzwerte nach EU-Richtlinien zur Luftqualität sowie Perzentilwerte für verschiedene Luftschadstoffe und den jeweiligen Mittelungszeitraum aufgeführt. Tabelle A2 zeigt die daraus abgeleiteten Bezugswerte für Mindestanforderungen.

Tabelle A1. Immissionsgrenzwerte nach EU-Richtlinien zur Luftqualität [G11 bis G13]

Schadstoff	Mittelungs-zeitraum h	IGW1 µg/m³	IGW2 µg/m³	Perzentil % SHV [1])	Bemerkungen
SO_2	1	20		–	Kalenderjahr und Winter [3])
	24		125	99,18	≤ 3 Überschreitungen pro Jahr [4])
	1		350	99,73	≤ 24 Überschreitungen pro Jahr [4])
NO_2	1	40	–		Gesundheit [5])
NO_x	1	30	–		Vegetation [3])
NO_2	1		200	99,79	≤ 18 Überschreitungen pro Jahr [5])
PM_{10}	24	40	–		Kalenderjahr [4])
	24	20	–		Kalenderjahr [5])
	24	20 [5])	50	90,41	≤ 35 Überschreitungen pro Jahr [4])
	24		50	98,08	≤ 7 Überschreitungen pro Jahr [5])
CO	8	10×10^3	–	–	maximaler gleitender 8 h-Wert [4])
Benzol		5	–	–	Kalenderjahr [5])
O_3	1		180 [2])		Informationsschwelle [5])
	1		240 [2])		Alarmschwelle [5])
	8		120 [2])		gleitende 8 h-Werte [5])

[1]) SHV: Summenhäufigkeitsverteilung
[2]) Schwellenwerte
[3]) ab 2001-07-19
[4]) ab 2005-01-01
[5]) ab 2010-01-01

Tabelle A2. Bezugswerte für Mindestanforderungen

Schadstoff	Bezugswert		
	B_0 µg/m³	B_1 µg/m³	B_2 µg/m³
SO_2	2	40	700
NO_2	3	60	400
PM_{10}	2	40	200
CO	1×10^3	20×10^3	60×10^3
Benzol	0,5	10	100
O_3	4	80	360

Annex A Ambient air quality limit values and reference values

Table A1 presents ambient air quality limit values according to EU Directives on air quality as well as percentiles for different pollutants and corresponding averaging times. Table A2 lists the reference values for minimum requirements derived from the values given in Table A1.

Table A1. Ambient air quality limit values according to EU Directives on air quality [G11 to G13]

Pollutant	Averaging time h	IGW1 µg/m³	IGW2 µg/m³	Percentile % FD [1])	Comment
SO_2	1	20		–	calendar year and winter time [3])
	24		125	99,18	≤ 3 exceedances per year [4])
	1		350	99,73	≤ 24 exceedances per year [4])
NO_2	1	40	–		human health [5])
NO_x	1	30	–		vegetation [3])
NO_2	1		200	99,79	≤ 18 exceedances per year [5])
PM_{10}	24	40	–		calendar year [4])
	24	20	–		calendar year [5])
	24	20 [5])	50	90,41	≤ 35 exceedances per year [4])
	24		50	98,08	≤ 7 exceedances per year [5])
CO	8	10×10^3	–	–	maximum running 8 h value [4])
Benzol		5	–	–	calendar year [5])
O_3	1		180 [2])		information threshold [5])
	1		240 [2])		alarm threshold [5])
	8		120 [2])		running 8 h value [5])

[1]) FD: frequency distribution
[2]) threshold value
[3]) from 2001-07-19
[4]) from 2005-01-01
[5]) from 2010-01-01

Table A2. Reference values for minimum requirements

Pollutant	Reference value		
	B_0 µg/m³	B_1 µg/m³	B_2 µg/m³
SO_2	2	40	700
NO_2	3	60	400
PM_{10}	2	40	200
CO	1×10^3	20×10^3	60×10^3
Benzol	0,5	10	100
O_3	4	80	360

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Anhang B Anforderungen an die Datenqualität

In Tabelle B1 sind die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinien zur Luftqualität für verschiedene Luftschadstoffe und Anwendungsfälle bzw. Aufgaben aufgeführt.

Tabelle B1. Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinien zur Luftqualität [G11 bis G13]

Schadstoff	**Anwendungsfall/Aufgabe**	**Kenngröße**		
		Unsicherheit [1]) %	Verfügbarkeit %	Messdauer [2]) %
SO_2	kontinuierliche Messung	15	90	
NO_2	orientierende Messung	25	90	14
NO_x	Modellrechnung	50 bis 60 (Stundenmittel) 50 (Tagesmittel) 30 (Jahresmittel)		
	objektive Schätzung	75		
Partikel/PM_{10} Pb	kontinuierliche Messung	25	90	
	orientierende Messung	50	90	
	Modellrechnung	– [3]) (Tagesmittel) 50 (Jahresmittel)		
	objektive Schätzung	100		
Benzol	kontinuierliche Messung [6])	25	90	35 [4]) / 90 [5])
	orientierende Messung	30	90	14
	Modellrechnung	50 (Jahresmittel)		
	objektive Schätzung	100		
CO	kontinuierliche Messung	15	90	
	orientierende Messung	25	90	14
	Modellrechnung	50 (8 h-Mittelwert)		
	objektive Schätzung	75		
O_3	kontinuierliche Messung	15	90 (Sommer) 75 (Winter)	10 (Sommer)
	orientierende Messung	30	90	
	Modellrechnung	50 (Stundenmittel)		
	objektive Schätzung	75		

[1]) nach GUM [T9]: 95 % Vertrauensbereich der Kenngröße im Bereich des Grenzwertes
[2]) Eine Zufallsmessung pro Woche oder gleichmäßig über das Jahr verteilt oder acht Wochen über das Jahr verteilt
[3]) von der EU noch nicht festgelegt
[4]) städtischer Hintergrund und Verkehrsmessstellen
[5]) Industriemessstellen
[6]) anstelle der kontinuierlichen Messungen sind auch Stichprobenmessungen möglich

Annex B Data quality objectives

Table B1 lists the data quality objectives of ambient air quality measurements according to EU Directives on air quality for different air pollutants and different fields of application or measurement tasks.

Table B1. Data quality objectives of ambient air quality measurements according to EU Directives on air quality [G11 to G13]

Pollutant	Field of application/ Measurement task	Characteristic		
		Uncertainty [1]) %	Minimum data capture %	Minimum time coverage [2]) %
SO_2	Continuous measurement	15	90	
NO_2	Indicative measurement	25	90	14
NO_x	Modelling	50 to 60 (hourly average) 50 (daily average) 30 (annual average)		
	Objective Estimation	75		
Particulates/PM_{10} Pb	Continuous measurement	25	90	
	Indicative measurement	50	90	
	Modelling	– [3]) (daily average) 50 (annual average)		
	Objective Estimation	100		
Benzene	Continuous measurement [6])	25	90	35 [4]) / 90 [5])
	Indicative measurement	30	90	14
	Modelling	50 (annual average)		
	Objective Estimation	100		
CO	Continuous measurement	15	90	
	Indicative measurement	25	90	14
	Modelling	50 (8 h average)		
	Objective Estimation	75		
O_3	Continuous measurement	15	90 (summer) 75 (winter)	10 (summer)
	Indicative measurement	30	90	
	Modelling	50 (hourly average)		
	Objective Estimation	75		

[1]) according to GUM [T9]: 95 % confidence interval of the characteristic in the range of the limit value
[2]) one random measurement per week or evenly distributed over the year or eight weeks distributed over the year
[3]) not yet specified by the EU
[4]) urban background and traffic measurement sites
[5]) industrial measurement sites
[6]) instead of continuous measurements, random measurements are possible

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Anhang C Beispiele zur Abschätzung der erweiterten Messunsicherheit bei der Eignungsprüfung

Die folgenden Tabellen enthalten Beispiele für Abschätzungen der erweiterten Messunsicherheit (Gesamtunsicherheit, siehe Abschnitt 5.2.21) automatischer Immissionsmesseinrichtungen und einen Vergleich mit den Anforderungen an die Datenqualität der EU-Tochterrichtlinien [G8, G9]. Die Abschätzung erfolgt entweder unter Verwendung der Mindestanforderungen an Verfahrenskenngrößen oder mit den in Eignungsprüfungen ermittelten Werten der Verfahrenskenngrößen. Diese Betrachtung berücksichtigt nicht den Einfluss des Probenahmesystems auf die Messunsicherheit. Dieser Einfluss des Probenahmesystems ist gegebenenfalls gesondert zu berücksichtigen.

In Tabelle C1 sind zunächst die relevanten Verfahrenskenngrößen, die in die Bilanzierung eingehen, mit den speziellen Anforderungen für die Eignungsprüfung nach Abschnitt 4 und 5 zusammengestellt.

Die Unsicherheit des Messwertes c wird nach DIN EN ISO 14 956 [T6] unter Verwendung einer Modellgleichung aus den Unsicherheitsbeiträgen der Verfahrenskenngrößen nach dem Gesetz der Unsicherheitsfortpflanzung [T9] ermittelt. Hieraus wird die erweiterte Messunsicherheit (Gesamtunsicherheit) der Messeinrichtungen durch Multiplikation mit dem Faktor 2 bestimmt und mit den Anforderungen an die Datenqualität der EU-Tochterrichtlinien nach Tabelle B1 verglichen.

Anmerkung: Die Verwendung des Erweiterungsfaktors 2 zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheit setzt voraus, dass die Standardunsicherheit eine ausreichende Zuverlässigkeit aufweist. Dies ist in der Regel gewährleistet, wenn die größeren Unsicherheitsbeiträge aus experimentellen Untersuchungen ermittelt wurden, die auf mindestens zehn Beobachtungen beruhen (siehe [T6]).

Annex C Examples of estimation of the expanded uncertainty in suitability tests

The following tables present examples for the estimation of the expanded uncertainty (overall uncertainty, see Section 5.2.21) of automated ambient air quality measuring systems and a comparison with data quality objectives of EU Daughter Directives [G8, G9]. The estimation is based on either the minimum requirements on performance characteristics or on the values of the performance characteristics determined in suitability tests. These considerations do not take into account influences of the sampling system on measurement uncertainty. This influence of the sampling system shall be taken into account separately, if necessary.

Table C1 lists the relevant performance characteristics to be used in the calculations and the specific requirements to be applied in the suitability test according to Section 4 and 5.

In accordance with DIN EN ISO 14 956 [T6] the uncertainty of the measured value c is determined from the uncertainty contributions of the performance characteristics on the basis of a model equation and application of the law of uncertainty propagation [T9]. The expanded uncertainty (overall uncertainty) of the measuring system is calculated from the uncertainty of the measured value by multiplication with a factor of 2 and compared with the data quality objectives specified in EU Daughter Directives and listed in Table B1.

Note: The application of a coverage factor of 2 for the calculation of the expanded uncertainty assumes that the standard uncertainty has been determined with sufficient reliability. This is generally the case, if larger uncertainty contributions have been determined by experimental investigations based on at least ten observations (see [T6]).

Tabelle C1. Relevante Verfahrenskenngrößen, Mindestanforderungen, Gleichung zur Berechung des Unsicherheitsbeitrags und Art des Unsicherheitseinflusses

Nummer K	Verfahrenskenngröße	Anforderung	Anzuwendende Gleichung	Einfluss [1])
1	Reproduzierbarkeit	$R_D \geq 10$	C3	z
2	Linearität	$\max(c_2) \leq 0{,}05\ B_1$	C5	s
3	Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	$\max(c_3) \leq B_0$	C5	s
4	Temperaturabhängigkeit des Messwertes	$\max(c_4) \leq 0{,}05\ B_1$	C5	s
5	Drift am Nullpunkt	$\max(c_5) \leq B_0$	C5	z
6	Drift des Messwertes	$\max(c_6) \leq 0{,}05\ B_1$	C5	z
7	Netzspannung	$\max(c_7) \leq B_0$	C5	s
8	Querempfindlichkeiten	$\max(c_8) \leq 0{,}03\ B_2$	C5	s
9	Unsicherheit des Prüfgases [2])	$u(c_9) \leq 0{,}01\ B_2$	C4	s

[1]) z: zufälliger Einfluss; s: systematischer Einfluss
[2]) externe Verfahrenskenngröße

Table C1. Relevant performance characteristics, minimum requirements, equation for calculation the uncertainty contribution and type of uncertainty

Number K	Performance characteristics	Requirement	Equation to be used	Type [1])
1	"Reproduzierbarkeit"	$R_D \geq 10$	C3	z
2	Linearity	$\max(c_2) \leq 0{,}05\ B_1$	C5	s
3	Temperature dependence at zero point	$\max(c_3) \leq B_0$	C5	s
4	Temperature dependence of measured value	$\max(c_4) \leq 0{,}05\ B_1$	C5	s
5	Drift at zero point	$\max(c_5) \leq B_0$	C5	z
6	Drift of measured value	$\max(c_6) \leq 0{,}05\ B_1$	C5	z
7	Mains voltage	$\max(c_7) \leq B_0$	C5	s
8	Cross sensitivities	$\max(c_8) \leq 0{,}03\ B_2$	C5	s
9	Uncertainty of test gas [2])	$u(c_9) \leq 0{,}01\ B_2$	C4	s

[1]) r: random influence; s: systematic influence
[2]) external performance characteristic

Die hier verwendete Modellgleichung (C1) setzt voraus, dass der Messwert c aus einer Summe von Signalbeiträgen c_K (in Einheiten des Messwertes) aufgrund des Einflusses der betrachteten Verfahrenskenngrößen K der Messeinrichtung besteht:

$$c = \sum_K c_K \tag{C1}$$

Der Beitrag c_1 stellt den Messwert unter den Vergleichsbedingungen des Eignungsprüfungsexperiments dar. Hinzu kommen weitere Beiträge c_K, die in der praktischen Anwendung auftreten (beispielsweise hervorgerufen durch Drift, Querempfindlichkeit, Nullpunktkorrektur). Gleichung (C1) unterstellt, dass der Einfluss des Probenahmesystems vernachlässigt werden kann. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass die in Tabelle C1 aufgeführten Unsicherheitsbeiträge unabhängig voneinander auftreten.

Für die aus der Modellgleichung abgeleitete Varianzgleichung (C2) zur Beschreibung der Unsicherheit des Messwertes $u(c)$ unter den Bedingungen der Eignungsprüfung gilt dann:

$$u^2(c) = \sum_K u^2(c_K) \tag{C2}$$

Unter der Voraussetzung, dass im Eignungsprüfungsexperiment die Ermittlung der Reproduzierbarkeit R_D mit zwei baugleichen Messeinrichtungen und die Kalibrierung der beiden Messeinrichtungen mit demselben Referenzmaterial erfolgt, kann der zufällige Unsicherheitsbeitrag u_1 des Messsignals c_1 mit Hilfe der Standardabweichung aus Doppelbestimmungen s_D nach Gleichung (C3) ermittelt werden:

$$u_1 = s_D = \frac{B_1}{2R_D} \tag{C3}$$

The model Equation (C1) applied here is based on the assumption that the measured value c consists of a sum of signal contributions c_K (in units of the measured value) caused by the influence of the considered performance characteristics K of the measuring system:

$$c = \sum_K c_K \tag{C1}$$

The contribution c_1 represents the measured value under reproducibility conditions of the suitability test. Further signal contributions c_K need to be added to cover practical application (e.g. caused by drift, cross-sensitivities, zero point corrections). Equation (C1) is based on the assumption that the influence of the sampling system can be neglected. Furthermore, it is assumed that the uncertainty contributions listed in Table C1 are not correlated.

The variance Equation (C2) derived from the model equation describes the uncertainty of the measured value $u(c)$ under the conditions of the suitability test:

$$u^2(c) = \sum_K u^2(c_K) \tag{C2}$$

Provided the "Reproduzierbarkeit" R_D has been determined in the suitability test with two identical measuring systems and the calibration of both measuring systems has been performed with the same reference material, the random uncertainty contribution u_1 of the measured signal c_1 can be calculated according to Equation (C3) by means of the standard deviation s_D determined from the paired measurements:

$$u_1 = s_D = \frac{B_1}{2R_D} \tag{C3}$$

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Falls der Beitrag einer Verfahrenskenngröße K zur Messunsicherheit als Standardabweichung s_K angegeben wird, ist der Beitrag $u(c_K)$ dieser Verfahrenskenngröße nach Gleichung (C4) zu berechnen:

$$u(c_K) = s_K \tag{C4}$$

Falls der Beitrag einer Verfahrenskenngröße K zur Messunsicherheit als Extremwert $\max(c_K)$ der Abweichung angegeben wird (Rechteckverteilung zwischen den Werten ($-\max(c_K)$ und $+\max(c_K)$), ist der entsprechende Unsicherheitsbeitrag $u(c_K)$ nach Gleichung (C5) zu berechnen:

$$u(c_K) = \frac{\max(c_K)}{\sqrt{3}} \tag{C5}$$

Die Unsicherheit eines Messwertes c berechnet sich nach Gleichung (C2) als Wurzel aus der Summe der Quadrate der Unsicherheitsbeiträge $u(c_K)$, hervorgerufen durch die einzelnen Verfahrenskenngrößen K. Die erweiterte Messunsicherheit $U(c)$ ist entsprechend nach Gleichung (C6) zu berechnen:

$$U(c) = 2\,u(c) = 2\sqrt{\sum_K u^2(c_K)} \tag{C6}$$

Anmerkung: Gleichung (C6) zeigt auch, dass die Unsicherheit des zur Nullpunktkorrektur eingesetzten Prüfgases als externe Verfahrenskenngröße entscheidend zur Qualität der Messung beiträgt.

Bei der Berechnung der Unsicherheit von zeitlichen Mittelwerten $\bar{c}$ sind die zufälligen und systematischen Unsicherheitsbeiträge der Einzelwerte mit unterschiedlicher Gewichtung zu berücksichtigen. Bei zufälligen Unsicherheitsbeiträgen ist die Zeitbasis dieser Unsicherheiten hinsichtlich der Zeitbasis des Mittelwertes zu berücksichtigen, d.h. die Anzahl n_K der statistisch unabhängigen Bestimmungen der entsprechenden Verfahrenskenngröße im Mittelungszeitraum. Systematische Unsicherheitsbeiträge tragen vollständig zur Unsicherheit des Mittelwertes bei (Gewichtungsfaktor $n_K = 1$). Der Beitrag $u_M(c_K)$ einer einzelnen Verfahrenskenngröße K zur Unsicherheit des Mittelwertes beträgt nach Gleichung (C7):

$$u_M(c_K) = \frac{u(c_K)}{\sqrt{n_K}} \tag{C7}$$

Die erweiterte Unsicherheit $U(\bar{c})$ des zeitlichen Mittelwertes wird dann nach Gleichung (C8) mit Hilfe der Summe der Varianzen $u_M^2(c_K)$ berechnet:

$$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c}) = 2\sqrt{\sum_K u_M^2(c_K)} = 2\sqrt{\sum_K \frac{u^2(c_K)}{n_K}} \tag{C8}$$

If the uncertainty contribution of a performance characteristic K to the measurement uncertainty is given as a standard deviation s_K, then the contribution $u(c_K)$ of this performance characteristic is given by Equation (C4):

$$u(c_K) = s_K \tag{C4}$$

If the uncertainty contribution of a performance characteristic K to the measurement uncertainty is given as a maximum deviation $\max(c_K)$ (rectangular distribution between the values ($-\max(c_K)$ and $+\max(c_K)$), then the corresponding uncertainty contribution $u(c_K)$ shall be calculated according to Equation (C5):

$$u(c_K) = \frac{\max(c_K)}{\sqrt{3}} \tag{C5}$$

According to Equation (C2) the uncertainty of a measured value c is calculated as the square root of the sum of squared uncertainty contributions $u(c_K)$ caused by the individual performance characteristics K. The expanded uncertainty shall then be calculated according to Equation (C6):

$$U(c) = 2\,u(c) = 2\sqrt{\sum_K u^2(c_K)} \tag{C6}$$

Note: Equation (C6) also shows that the uncertainty of the test gas used for zero point correction significantly contributes as an external performance characteristic to the quality of the measurement.

The random and systematic uncertainty contributions of the single measured values shall be taken into account with different weights in the calculation of the uncertainty of the time average $\bar{c}$. For random uncertainty contributions the time basis of these uncertainties shall be taken into account in relation to the time basis of the average, i.e. the number n_K of statistically independent determinations of the corresponding performance characteristic in the averaging period. Systematic uncertainty contributions completely contribute to the uncertainty of the time average (weighting factor $n_K = 1$). The contribution $u_M(c_K)$ of an individual performance characteristic K to the uncertainty of the time average is given by Equation (C7):

$$u_M(c_K) = \frac{u(c_K)}{\sqrt{n_K}} \tag{C7}$$

Then the extended uncertainty $U(\bar{c})$ of the time average shall be calculated from the sum of variances $u_M^2(c_K)$ according to Equation (C8):

$$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c}) = 2\sqrt{\sum_K u_M^2(c_K)} = 2\sqrt{\sum_K \frac{u^2(c_K)}{n_K}} \tag{C8}$$

Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Anmerkung: Die hier beschriebene Vorgehensweise erlaubt die Abschätzung der Unsicherheit von zeitlichen Mittelwerten auf der Basis der im Eignungsprüfungsexperiment ermittelten Verfahrenskenngrößen. Dies schließt den Einfluss von Fehlwerten in Zeitreihen auf die Unsicherheit des Mittelwertes nicht ein. Eine vollständige Ermittlung der Unsicherheit von zeitlichen Mittelwerten von Luftbeschaffenheitsmessungen unter Berücksichtigung von in den Zeitreihen vorliegenden Fehlwerten wird in DIN ISO 11 222 [T8] beschrieben.

Die Tabellen C2a und C2b zeigen eine Abschätzung der Gesamtunsicherheit für den Fall, dass die zulässigen Unsicherheiten der einzelnen Kenngrößen nach Abschnitt 5 für die Messkomponente NO_2 ausgeschöpft werden. Dabei werden zwei Fälle unterschieden:

a) die Gesamtunsicherheit der Einzelwerte im Bereich des IGW2 (I_2); Anwendung der Gleichung (C6)
b) die Gesamtunsicherheit des Jahresmittelwertes im Bereich des IGW1 (I_1); Anwendung der Gleichung (C8)

Die Tabellen C3 und C4 zeigen praktische Beispiele zur Ermittlung der Gesamtunsicherheit von Einzel- und Mittelwerten für Messeinrichtungen zur Messung von Ozon und Kohlenmonoxid. Die verwendeten Daten wurden experimentell ermittelt. Die Beispiele verdeutlichen, dass hier die Anforderungen an die Datenqualität nicht in jedem Fall erfüllt werden.

Note: The procedure described here allows for the estimation of the uncertainty of time averages on the basis of performance characteristics determined in a suitability test. This does not include the influence of missing values in the time series of the measured values on the uncertainty of the time average. A complete determination of the uncertainty of time averages of air quality measurements including the influence of missing values present in the time series is described in DIN ISO 11 222 [T8].

In Tables C2a and C2b the overall uncertainty is estimated on the basis of the maximum permissible uncertainties of each performance characteristic specified in Section 5 for the measuring component NO_2. The following two cases are distinguished:

a) the overall uncertainty of single measured values in the range of IGW2 (I_2); application of Equation (C6)
b) the overall uncertainty of the annual average in the range of IGW1 (I_1); application of Equation (C8)

Tables C3 and C4 show practical examples of the determination of the overall uncertainty of single measured values and time averages of measuring systems for the measurement of ozone and carbon monoxide. The data used were experimentally determined. The examples make clear that the data quality objectives are not fulfilled in each case.

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Tabelle C2a. Erweiterte Messunsicherheit $U(c)$ der Einzelwerte für die Messkomponente NO_2

Verfahrenskenngröße	**Anforderung**	**Unsicherheit** µg/m³	**Quadrat der Unsicherheit** (µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	3,00	9,00
Linearität	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Drift am Nullpunkt	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Drift des Messwertes	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Netzspannung	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Querempfindlichkeiten	≤ 12 µg/m³	6,93	48,00
Unsicherheit des Prüfgases	≤ 4 µg/m³	4,00	16,00
		$\sum_K u^2(c_K)$	91,00 (µg/m³)²
		$U(c) = 2u(c)$	19,08 µg/m³
		$\frac{U(c)}{I_2}$	9,5 %

Tabelle C2b. Erweiterte Messunsicherheit $U(\bar{c})$ der Mittelwerte für die Messkomponente NO_2

Verfahrenskenngröße	**Unsicherheit (Einzelwert)** µg/m³	**Zeitbasis**	**Anzahl** n_K	**Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)** (µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	3,00	1 Stunde	7884	0,00
Linearität	1,73	1 Jahr	1	3,00
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	1,73	1 Jahr	1	3,00
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	1,73	1 Jahr	1	3,00
Drift am Nullpunkt	1,73	2 Wochen	26	0,12
Drift des Messwertes	1,73	2 Wochen	26	0,12
Netzspannung	1,73	1 Jahr	1	3,00
Querempfindlichkeiten	6,93	3 Monate	4	12,00
Unsicherheit des Prüfgases	4,00	1 Jahr	1	16,00
			$\sum_K u^2(c_K)$	40,24 (µg/m³)²
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	12,69 µg/m³
			$\frac{U(\bar{c})}{I_2}$	31,5 %

Table C2a. Expanded uncertainty $U(c)$ of single measured values for measured component NO_2

Performance characteristic	**Requirement**	**Uncertainty** µg/m³	**Squared uncertainty** (µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	3,00	9,00
Linearity	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Temperature dependence at zero point	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Temperature dependence of measured value	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Drift at zero point	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Drift of measured value	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Mains voltage	≤ 3 µg/m³	1,73	3,00
Cross sensitivities	≤ 12 µg/m³	6,93	48,00
Uncertainty of test gas	≤ 4 µg/m³	4,00	16,00
		$\sum_K u^2(c_K)$	91,00 (µg/m³)²
		$U(c) = 2u(c)$	19,08 µg/m³
		$\frac{U(c)}{I_2}$	9,5 %

Table C2b. Expanded uncertainty $U(\bar{c})$ of time averages for measured component NO_2

Performance characteristic	**Uncertainty (single measured value)** µg/m³	**Time basis**	**Number** n_K	**Squared uncertainty (average)** (µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	3,00	1 hour	7884	0,00
Linearity	1,73	1 year	1	3,00
Temperature dependence at zero point	1,73	1 year	1	3,00
Temperature dependence of measured value	1,73	1 year	1	3,00
Drift at zero point	1,73	2 weeks	26	0,12
Drift of measured value	1,73	2 weeks	26	0,12
Mains voltage	1,73	1 year	1	3,00
Cross sensitivities	6,93	3 months	4	12,00
Uncertainty of test gas	4,00	1 year	1	16,00
			$\sum_K u^2(c_K)$	40,24 (µg/m³)²
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	12,69 µg/m³
			$\frac{U(\bar{c})}{I_2}$	31,5 %

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Tabelle C3. Erweiterte Messunsicherheit $U(c)$ der Einzelwerte für die Messkomponente Ozon

Verfahrenskenngröße	**Anforderung**	**Ergebnis**	**Unsicherheit** µg/m³	**Quadrat der Unsicherheit** (µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	104	0,38	0,144
Linearität	≤ 4 µg/m³	0,40 µg/m³	0,23	0,053
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 4 µg/m³	–0,72 µg/m³	–0,42	0,176
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	≤ 4 µg/m³	0,86 µg/m³	0,50	0,250
Drift am Nullpunkt	≤ 4 µg/m³	0,18 µg/m³	0,10	0,010
Drift des Messwertes	≤ 4 µg/m³	0,18 µg/m³	0,10	0,010
Netzspannung	≤ 4 µg/m³	1,08 µg/m³	0,62	0,384
Querempfindlichkeiten	≤ 10,8 µg/m³	2,49 µg/m³	1,44	2,074
Unsicherheit des Prüfgases	≤ 3,6 µg/m³	3,60 µg/m³	3,60	12,960
			$\sum_K u^2(c_K)$	16,06 (µg/m³)²
			$U(c) = 2u(c)$	8,01 µg/m³
			$\frac{U(c)}{I_2}$	4,45 %

Tabelle C4a. Erweiterte Messunsicherheit $U(c)$ der Einzelwerte für die Messkomponente Kohlenmonoxid

Verfahrenskenngröße	**Anforderung**	**Ergebnis**	**Unsicherheit** mg/m³	**Quadrat der Unsicherheit** 10^{-3} (mg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	288	0,104	10,82
Linearität	≤ 0,50 mg/m³	0,420 mg/m³	0,242	58,56
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 1,00 mg/m³	–0,341 mg/m³	–0,197	38,81
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	≤ 0,50 mg/m³	–0,248 mg/m³	–0,143	20,44
Drift am Nullpunkt	≤ 1,00 mg/m³	–0,837 mg/m³	–0,483	233,30
Drift des Messwertes	≤ 0,50 mg/m³	0,00 mg/m³	0,00	0,00
Netzspannung	≤ 1,00 mg/m³	0,00 mg/m³	0,00	0,00
Querempfindlichkeiten	≤ 1,80 mg/m³	0,243 mg/m³	0,140	19,60
Unsicherheit des Prüfgases	≤ 0,20 mg/m³	0,620 mg/m³	0,620	384,40
			$\sum_K u^2(c_K)$	0,766 (mg/m³)²
			$U(c) = 2u(c)$	1,75 mg/m³
			$\frac{U(c)}{I_2}$ *)	17,5 %

*) Da die EU-Richtlinie für CO keinen IGW2 festlegt, wurde hier auch der IGW1 eingesetzt.

Table C3. Expanded uncertainty $U(c)$ of single measured values for measured component ozone

Performance characteristic	**Requirement**	**Result**	**Uncertainty** µg/m³	**Squared uncertainty** (µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	104	0,38	0,144
Linearity	≤ 4 µg/m³	0,40 µg/m³	0,23	0,053
Temperature dependence at zero point	≤ 4 µg/m³	–0,72 µg/m³	–0,42	0,176
Temperature dependence of measured value	≤ 4 µg/m³	0,86 µg/m³	0,50	0,250
Drift at zero point	≤ 4 µg/m³	0,18 µg/m³	0,10	0,010
Drift of measured value	≤ 4 µg/m³	0,18 µg/m³	0,10	0,010
Mains voltage	≤ 4 µg/m³	1,08 µg/m³	0,62	0,384
Cross sensitivities	≤ 10,8 µg/m³	2,49 µg/m³	1,44	2,074
Uncertainty of test gas	≤ 3,6 µg/m³	3,60 µg/m³	3,60	12,960
			$\sum_K u^2(c_K)$	16,06 (µg/m³)²
			$U(c) = 2u(c)$	8,01 µg/m³
			$\frac{U(c)}{I_2}$	4,45 %

Table C4a. Expanded uncertainty $U(c)$ of single measured values for measured component carbon monoxide

Performance characteristic	**Requirement**	**Result**	**Uncertainty** mg/m³	**Squared uncertainty** 10^{-3} (mg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	288	0,104	10,82
Linearity	≤ 0,50 mg/m³	0,420 mg/m³	0,242	58,56
Temperature dependence at zero point	≤ 1,00 mg/m³	–0,341 mg/m³	–0,197	38,81
Temperature dependence of measured value	≤ 0,50 mg/m³	–0,248 mg/m³	–0,143	20,44
Drift at zero point	≤ 1,00 mg/m³	–0,837 mg/m³	–0,483	233,30
Drift of measured value	≤ 0,50 mg/m³	0,00 mg/m³	0,00	0,00
Mains voltage	≤ 1,00 mg/m³	0,00 mg/m³	0,00	0,00
Cross sensitivities	≤ 1,80 mg/m³	0,243 mg/m³	0,140	19,60
Uncertainty of test gas	≤ 0,20 mg/m³	0,620 mg/m³	0,620	384,40
			$\sum_K u^2(c_K)$	0,766 (mg/m³)²
			$U(c) = 2u(c)$	1,75 mg/m³
			$\frac{U(c)}{I_2}$ *)	17,5 %

*) As the EU Directive on CO does not specify a IGW2, here the IGW1 has also been used.

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

Tabelle C4b. Erweiterte Messunsicherheit $U(\bar{c})$ der Mittelwerte für die Messkomponente Kohlenmonoxid

Verfahrenskenngröße	**Unsicherheit (Einzelwert)** mg/m³	**Zeitbasis**	**Anzahl** n_K	**Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)** 10^{-3} (mg/m³)²
Reproduzierbarkeit	0,104	1 Stunde	7884	0,001
Linearität	0,242	1 Jahr	1	58,56
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	–0,197	1 Jahr	1	38,81
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	–0,143	1 Jahr	1	20,45
Drift am Nullpunkt	–0,483	4 Wochen	13	17,95
Drift des Messwertes	0,00	4 Wochen	13	0,00
Netzspannung	0,00	1 Jahr	1	0,00
Querempfindlichkeiten	0,140	3 Monate	4	4,90
Unsicherheit des Prüfgases	0,620	1 Jahr	1	384,40
			$\sum_K u_M^2(c_K)$	0,525 (mg/m³)²
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	1,450 mg/m³
			$\frac{U(\bar{c})}{I_1}$	14,5 %

Table C4b. Expanded uncertainty $U(\bar{c})$ of time averages for measured component carbon monoxide

Performance characteristic	**Uncertainty (single measured value)** mg/m³	**Time basis**	**Number** n_K	**Squared uncertainty (average)** 10^{-3} (mg/m³)²
Reproduzierbarkeit	0,104	1 hour	7884	0,001
Linearity	0,242	1 year	1	58,56
Temperature dependence at zero point	–0,197	1 year	1	38,81
Temperature dependence of measured value	–0,143	1 year	1	20,45
Drift at zero point	–0,483	4 weeks	13	17,95
Drift of measured value	0,00	4 weeks	13	0,00
Mains voltage	0,00	1 year	1	0,00
Cross sensitivities	0,140	3 months	4	4,90
Uncertainty of test gas	0,620	1 year	1	384,40
			$\sum_K u_M^2(c_K)$	0,525 (mg/m³)²
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	1,450 mg/m³
			$\frac{U(\bar{c})}{I_1}$	14,5 %

Schrifttum/Bibliography

Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften
Acts, ordinances and administrative regulations

[G1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung vom 14. Mai 1990, BGBl I (1990) S. 880/901; zuletzt geändert am 29. Oktober 2001, BGBl I (2001) S. 2785/2795
Act on the Prevention of Harmful Effects on the Environment Caused by Air Pollution, Noise Vibration and Similar Phenomena (Federal Immission Control Act – BImSchG) in the version promulgated on 14 May 1990 (BGBl I 1990, p. 880/901), as last amended on 29 Oktober 2001, BGBl I (2001) p. 2785/2795

[G2] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte – 22. BImSchV) vom 26. Oktober 1993. BGBl I 1993, S. 1819/1820, geändert am 27. Mai 1994, BGBl I 1994, S. 1095/1096
Twenty-second ordinance on the implementation of the Federal Immission Control Act (Ordinance on Immission Values – 22nd BImSchV) in the version promulgated on 26 October 1993, BGBl I 1993, p. 1819/1820, as last amended on 27 May 1994, BGBl I 1994, p. 1095/1096

[G3] Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten – 23. BImSchV) vom 16. Dezember 1996, BGBl I 1996, S. 1962/1965
Twenty-third ordinance on the implementation of the Federal Immission Control Act (Ordinance on Setting Concentration Values – 23nd BImSchV) in the version promulgated on 16 December 1996, BGBl I 1996, p. 1962/1965

[G4] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 27. Februar 1986, GMBl (1986) S. 95/202
First General Administrative Provision Pertaining to the Federal Immission Control Act (Technical Instruction on Air Quality Control – TA Luft) of 27 February 1986, GMBl (1986) p. 95/202

[G5] Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Ermittlung von Immissionen in Untersuchungsgebieten – 4. BImSchVwV) vom 26. November 1993, GMBl 1993, S. 827/830
Fourth General Administrative Provision Pertaining to the Federal Immission Control Act (Determination of Immissions in Areas Subject to Investigation – 4th BImSchVwV) of 26 November 1993, GMBl 1993, p. 827/830

[G6] Richtlinie 80/779/EWG des Rates vom 15. Juli 1980 über Grenzwerte und Leitwerte der Luftqualität für Schwefeldioxid und Schwebestaub, ABl. L 229, S. 30/48; zuletzt geändert durch Richtlinie 89/427/EWG, Abl. L 201, S. 53/55
Council Directive 80/779/EEC of 15 July 1980 on air quality limit values and guide values for sulphur dioxide and suspended particulates, OJ. No L 229, p. 30/48; revised by Directive 89/427/EEC, OJ. No L 201, p. 53/55

[G7] Richtlinie 82/884/EWG des Rates vom 3. Dezember 1982 betreffend einen Grenzwert für den Bleigehalt in der Luft, ABl. L 378, S. 15/18
Council Directive 82/884/EEC of 3 December 1982 on a limit value for lead in the air, OJ. No L 378, p. 15/18

[G8] Richtlinie 85/203/EWG des Rates vom 7. März 1985 betreffend Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid, ABl. L 87, S. 1/7
Council Directive 85/203/EEC of 7 March 1985 on air quality standards for nitrogen dioxide, OJ. No L 87, p. 1/7

[G9] Richtlinie 92/72/EWG des Rates vom 21. September 1992 über die Luftverschmutzung durch Ozon, ABl. L 297, S. 1/7
Council Directive 92/72/EEC of 21 September 1992 on air pollution by ozone, OJ. No L 297, p. 1/7

[G10] Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität, ABl. L 296, S. 55
Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management, OJ. No L 296, p. 55

[G11] Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, ABl. L 163, S. 41
Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air, OJ L 163, p. 41

[G12] Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft, ABl. Nr. L 313, S. 12
Directive 2000/69/EG of the European Parliament and of the Council of 16 November 2000 relating to limit values for benzene and carbon monoxide in ambient air, OJ L 313, p. 12

[G13] Gemeinsamer Standpunkt (EG) Nr. 16/2001 vom Rat festgelegt am 8. März 2001 im Hinblick auf den Erlass der Richtlinie 2001/.../EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom ... über den Ozongehalt der Luft, ABl. C 126. S. 1/24
Common Position (EC) No 16/2001 adopted by the Council on 8 March 2001 with view to the adopting Directive 2001/.../EC of the European Parliament and of the Council of ... relating to ozone in ambient air, OJ C 126, p. 1

[G14] Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Immissionen; hier: Richtlinien für die Bauausführung und Eignungsprüfung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen. GMBl 1981, S. 355/357
Uniform practice in ambient air quality monitoring; here: Guidelines for the Construction and Suitability Testing of Measuring Instruments for Continuous Ambient Air Quality Monitoring, GMBl 1981, p. 355/357

Technische Regeln/Technical rules

[T1] Internationales Wörterbuch der Metrologie, 2. Auflage, Beuth: Berlin 1994
International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM), 2nd edition, International Organization for Standardization: Geneva 1993

[T2] DIN 1319-1 : 1995-01 Grundlagen der Messtechnik – Teil 1: Grundbegriffe. Berlin: Beuth-Verlag

[T3] DIN 1319-3 : 1996-05 Grundlagen der Messtechnik – Teil 3: Auswertung vom Messungen einer einzelnen Messgröße – Messunsicherheit. Berlin: Beuth-Verlag

[T4] DIN 33 963-1 : 1997-02 Messen organischer Verbindungen in Außenluft – Teil 1: Anforderungen und Prüfvorschriften für automatisch messende Geräte für Einzelmessungen von organischen Komponenten in Luft. Berlin: Beuth-Verlag

[T5] DIN EN 12 341 : 1999-03 Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM_{10}-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode. Berlin: Beuth-Verlag
EN 12 341 : 1999 Air quality – Determination of the PM_{10} fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalency of measurement methods

[T6] DIN EN ISO 14 956 : 2002 Luftbeschaffenheit – Beurteilung der Eignung von Messverfahren durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit. Berlin: Beuth-Verlag
EN ISO 14 956 : 2002 Evaluation of the suitability of a measurement procedure by comparison with a required measurement uncertainty

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2002

[T7] DIN ISO 6879 : 1996-12 Luftbeschaffenheit – Verfahrenskenngrößen und verwandte Begriffe für Messverfahren zur Messung der Luftbeschaffenheit. Berlin: Beuth-Verlag
ISO 6879 : 1996 Air quality – Performance characteristics and related concepts for air quality measuring methods. Geneva: International Organization for Standardization

[T8] DIN ISO 11 222 : 2002 Luftbeschaffenheit – Ermittlung der Unsicherheit von zeitlichen Mittelwerten von Luftbeschaffenheitsmessungen. Berlin: Beuth-Verlag
ISO 11 222 : 2002 Air quality – Determination of the uncertainty of the time average of air quality measurements. Geneva: International Organization for Standardization

[T9] DIN V ENV 13 005 : 1999-06 Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen. Berlin: Beuth-Verlag
ENV 13 005 : 1999 Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)

[T10] VDI 2449 Blatt 1 : 1995-02 Prüfkriterien von Messverfahren – Ermittlung von Verfahrenskenngrößen für die Messung gasförmiger Schadstoffe (Immission). Berlin: Beuth-Verlag
VDI 2449 Part 1 : 1995-02 Measurement methods test criteria – Determination of performance characteristics for the measurement of gaseous pollutants (immission)

[T11] VDI 2449 Blatt 2 : 1987-01 Grundlagen zur Kennzeichnung vollständiger Messverfahren – Begriffsbestimmungen. Berlin: Beuth-Verlag

[T12] VDI 4203 Blatt 1 : 2001-10 Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Grundlagen. Berlin: Beuth-Verlag
VDI 4203 Part 1 : 2001-10 Testing of automated measuring systems – General concepts

[T13] VDI 4280 Blatt 1 : 1996-11 Planung von Immissionsmessungen – Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit. Berlin: Beuth-Verlag
VDI 4280 Part 1 : 1996-11 Planning of ambient air quality measurements – General rules

[T14] VDI 4280 Blatt 2 : 2000-12 Planung von Immissionsmessungen – Regeln zur Planung von Untersuchungen verkehrsbedingter Luftverunreinigungen an Belastungsschwerpunkten. Berlin: Beuth-Verlag
VDI 4280 Part 2 : 2000-12 Planning of ambient air quality measurements – Rules for planning investigations of traffic related air pollutants in key pollution areas

Literatur/Literature

[1] *Weber, K.*: Bestimmung von Verfahrenskenngrößen bei Messverfahren für gasförmige Luftverunreinigungen nach VDI-Richtlinien und DIN/ISO-Normen in: Laser in der Umweltmesstechnik in Remote Sensing, Springer: Berlin, Heidelberg, New York 1992, S. 131-140

[2] *Lahmann, E.*: Feststellung und Bewertung von Immissionen – Leitfaden zur Immissionsüberwachung in Deutschland, 2. Auflage, UBA-Texte 34/97, Umweltbundesamt: Berlin 1997